処方せん
(この処方せんは、どこの薬局でも有効です)

公費負担者番号
公費負担医療の受給者番号
保険者番号
被保険者証・被保険者手帳の記号・番号

患者 氏名 / 生年月日 / 区分 被保険者 被扶養者
性別 / 年齢 / 割

保険医療機関の所在地及び名称 東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック 内科
電話番号 03-5395-2126
保険医氏名 DesignWaveMagazine ㊞

交付年月日
処方せんの使用期限 平成 年 月 日 特に記載のある場合を除き交付の日を含めて4日以内に保険薬局に提出すること

処方

リフロー炉 1Cap
1日3回朝昼夕食後 14日分

はんだ 30g
1日2回朝夕食後 14日分

はんだコテ 1個
1日2回

後発医薬品の変更について
後発医薬品への変更可
保険医署名 DesignWaveMagazine ㊞
患者住所

ボードの記事　ビギナーズ

チップ部品はんだ不良の原因とその処方せん

稲毛 剛

次号特集1準備企画　写真で見るリフロー炉の中の部品たち

ここでは，チップ抵抗やICなどの面実装部品が，リフロー炉においてどのような過程を経てプリント基板に溶着するのかを写真で紹介する．最近の携帯機器などに求められる「部品の実装密度を上げる」という課題を達成するには，まずは面実装部品がリフロー炉の中でどのような挙動を示すかを理解することが大切である．なお，高密度実装についての具体的なノウハウは，次号の特集1（実装で失敗しないためのプリント基板設計）で取り上げる．（編集部）

“ものづくり”で欠かせない「プリント基板の実装」の世界では，高密度化や高機能化により，搭載される部品は日々，小型化されています．また，近年の環境問題，特にEU（European Union）によるRoHS指令によって，鉛を含有するはんだの使用は困難になっています．鉛を用いない鉛フリーはんだは，鉛を用いたはんだと比較してはんだ付け性が劣ります．これらの課題に対して，不良を出さない製品作りのために，はんだ付けはより高度な技術が必要となっています．

1 はんだ付けの基礎

はんだ付けは，電気的な機能を持った電子部品と，複数の電子部品を結合させるためのパターン回路を形成しているプリント基板とを，電気的に接続することを目的とします．はんだは，加熱によりある温度で溶融し，液状となった状態で電子部品の電極とプリント基板のパッド面へ「ぬれ」，互いを電気的に接続します．その後，はんだは冷却することにより固体となり，電極とパッド面を固着します．この際，はんだ付け性の良しあしが製品の信頼性に大きく影響します．

● フローとリフローがある

はんだ付けの方法はいろいろありますが，工場などの生産ラインでは，主にフローはんだ付けとリフローはんだ付けが用いられています．フローはんだ付けは，あらかじめ溶融させたはんだの槽(ふね)に電子部品を搭載したプリント基板の接合面を浸して，はんだ付けを行います．主に用いる電子部品は，「リード部品」と呼ばれる，プリント基板の穴へ挿入するリード電極を持った部品です．

リフローはんだ付けは，砂状の小さなはんだにフラックスを混ぜた「ソルダ・ペースト」と呼ばれるはんだをプリント基板に薄く印刷し，その上に電子部品を搭載して，常温から溶融温度まで加熱してはんだ付けします．このリフローはんだ付けには，リフロー炉と呼ばれるオーブンを用います．リフロー炉は，コンベアによりプリント基板を移動させます．そのコンベアに搭載された基板が複数の加熱ゾーンを通過することで，設定された温度プロファイル通りのはんだ付けを実現します．リフローはんだ付けに用いられる主な電子部品は，表面実装部品です．

リフローはんだ付けの工程は，ソルダ・ペースト印刷，部品搭載，リフロー加熱/冷却になります．リフロー加熱は閉ざされたリフロー炉の中で行われるため，通常，見ることはできません．ソルダ・ペーストは加熱すると，溶融するまでにいくつかの振る舞いを示します（**図1**）．この振る舞いの過程で，さまざまなはんだ付け不良が発生します．

KeyWord　リフロー炉，はんだボール，ソルダ・ペースト，鉛フリーはんだ，RoHS指令，リフロー・シミュレータ，BGA，QFP，チップ・コンデンサ，ぬれ，チップ立ち，ブリッジ，セルフ・アライメント

処 方 せ ん
(この処方せんは、どこの薬局でも有効です)
公費負担者番号
公費負担医療の受給者番号
保険者番号
被保険者証・被保険者手帳の記号・番号
保険医療機関の所在地及び名称 東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック 内科
03-5395-2126
氏名
性別

図1　ソルダ・ペーストの挙動
ソルダ・ペーストが溶融する過程でさまざまなはんだ付け不良が起こる．

図2　リフロー・シミュレータの構成
リフロー・シミュレータは，はんだが溶けてぬれる過程を観察できる．

● 接合の信頼性が低い鉛フリーはんだに対処するのは大変

前項の通りはんだ付けは，プリント基板と電子部品の電極を，はんだを用いて接続する溶接の一種です．一般にはんだ付けは，はんだ合金とフラックスを用います．はんだ合金は，プリント基板のパッド面と電子部品の電極の間に入って接合する，接着剤的な役割をする金属です．以前はすずと鉛による合金が広く一般的に使われていました．ところが，鉛含有物廃棄による土壌汚染に起因する環境破壊や人体への影響が取り上げられ，鉛含有のはんだは使用しにくくなりました．

写真1　リフロー・シミュレータの例
マルコムの「SRS-1」

特にEUにおけるRoHS指令は決定的で，2006年7月1日以降，EUの一般市場へ鉛を含有したはんだを出荷できなくなりました．これらの動きを受けて日本では，鉛フリーはんだの開発へ大きく動き出すことになりました．しかし，新しいはんだを開発する過程において，これまで用いてきた「すず-鉛」合金のはんだと比べ，鉛を用いない，いわゆる鉛フリーはんだは，接合の信頼性においていろいろな問題を持っていることが分かりました．その問題点の一つにはんだ付け性があります．

はんだ付け性は，はんだ付けを行う過程と行った後の品質の総合評価になります．例えば，ぬれ性や光沢，はんだ上がりの程度，つらら現象が起きていないかなど，いろいろな点を評価します．

2 写真で見るはんだが溶ける過程

通常，リフロー加熱中の電子部品を見ることはできません．リフロー中の電子部品を観察するには，はんだ付け性の評価機として開発されたリフロー・シミュレータを用います．マルコム製のリフロー・シミュレータは，内部に熱

(a) 加熱開始後 2分54秒経過

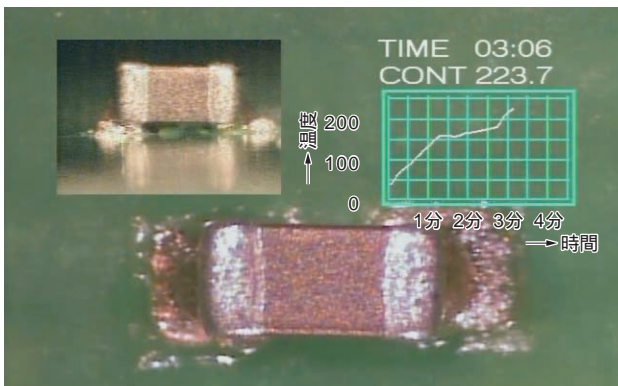
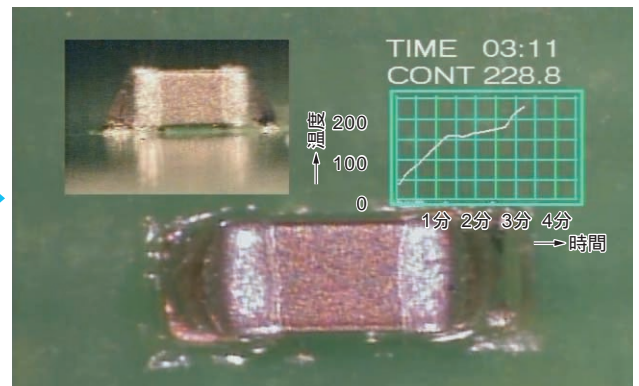
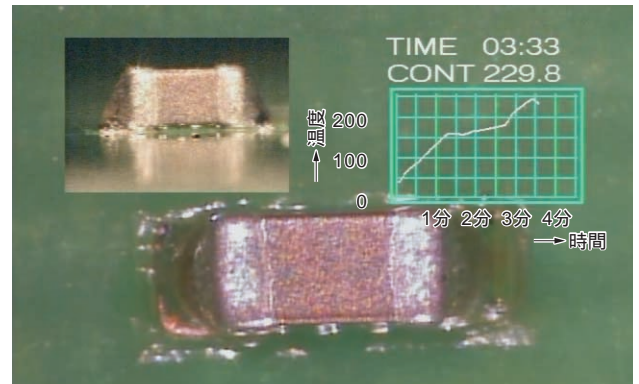
(b) 加熱開始後 3分5秒経過

(c) 加熱開始後 3分6秒経過

(d) 加熱開始後 3分11秒経過

(e) 加熱開始後 3分33秒経過

写真2 チップ・コンデンサ周りのはんだがぬれる過程

風＋遠赤加熱のヒータを内蔵し，パソコンと連動して温度制御を行い，目的に合った温度プロファイルを作り出すことができます．

リフロー・シミュレータの構成例を**図2**に，外観を**写真1**に示します．リフロー・シミュレータは，はんだが溶けてぬれる過程を観察できるように，観察用の窓が前後と上に設けてあります．この窓へ撮影用のカメラを設置し観察することによって，はんだ付けの過程を評価・解析できます．観察例を**図2(c)**に示します．実際にリフロー・シミュレータを用いて観察した例を以下に紹介します．

1) チップ・コンデンサ

チップ・コンデンサはチップ抵抗とともに，リフロー炉による実装ではよく使われる部品です．仕様に応じた静電容量のほかに，使用目的によって大きさ(サイズ)が数種類あります．

製品の高密度小型化の流れによって部品も小型化が進んでいます．以前は3216サイズと言われる部品が主流でしたが，現在は1005サイズ，さらに0603サイズへと移行しています．部品サイズは始めの2けたが部品の長い方向，後の2けたが短い方向の長さになります．例えば1005サイズの場合，電極間両端の長さが1.0mm，電極幅が0.5mmとなります．

チップ・コンデンサのはんだ溶融近傍から電極にはんだがぬれる過程を撮影したものを**写真2**に示します．はんだの粒子が徐々に溶けていき，その後チップ・コンデンサの

処 方 せ ん
（この処方せんは、どこの薬局でも有効です）
公費負担者番号
保険者番号
公費負担医療の受給者番号
被保険者証・被保険者手帳の記号・番号
保険医療機関の所在地及び名称 東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック 内科
03-5395-2126
氏名
性別

両側の電極を溶融したはんだが上ってぬれていくのが分かります．形成されたはんだフィレットは，電極の上まで達しています．**図1**も参考にしてください．

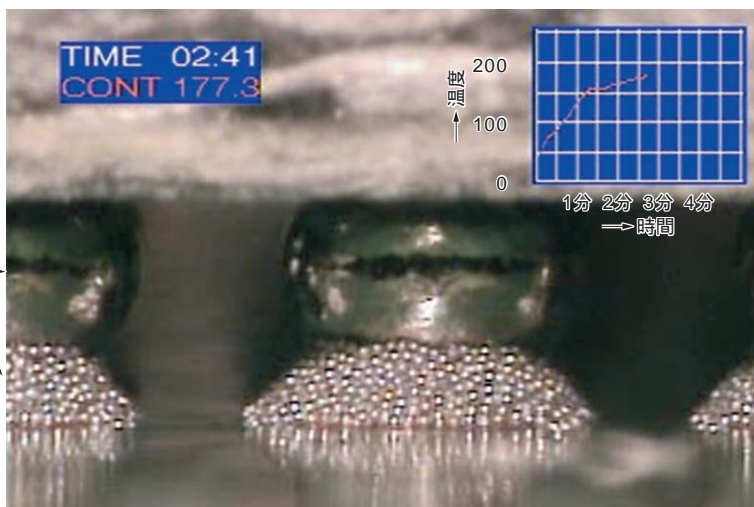
2）BGA

BGA（ball grid array）は，下面に格子状に電極を配列したICパッケージです．電極を面で配置することで，QFP（quad flat package）よりも高密度化を実現した電子部品です．BGAパッケージの出現によって製品の小型化は急速に進みました．BGAの中でも特に小型化したパッケージとしてCSP（chip size package）があります．CSPはICのチップ・サイズとほぼ同じ大きさのパッケージです．

写真3は，BGAのはんだボールが溶ける過程を拡大して撮影しました．電極のはんだボール1個まで拡大しています．はんだボールは溶けるとき，始めにボール表面がしわしわになり，その後，印刷したソルダ・ペーストと溶けて混ざり合い，電極にぬれていきます．BGAパッケージのはんだボール全体が溶けると，BGAパッケージは下に沈み，プリント基板とのギャップは狭くなります．

3）QFP

QFPは，パッケージの四方の側面に電極のリードが配列されており，BGAが登場するまでは高密度実装の花形的な存在でした．QFPは，リード間のピッチを狭くすることにより高密度小型化を実現する部品として開発されてきました．しかし，狭ピッチ化にも限界（0.3mmピッチから

まだソルダ・ペーストが溶けていない．粒子状のはんだが確認できる．BGAパッケージのはんだも溶けていない状態で，表面に光沢がある．

（a）加熱開始後 2分41秒経過

はんだが溶け始めた状態．表面の光沢がなくなり，しわのような物ができる．

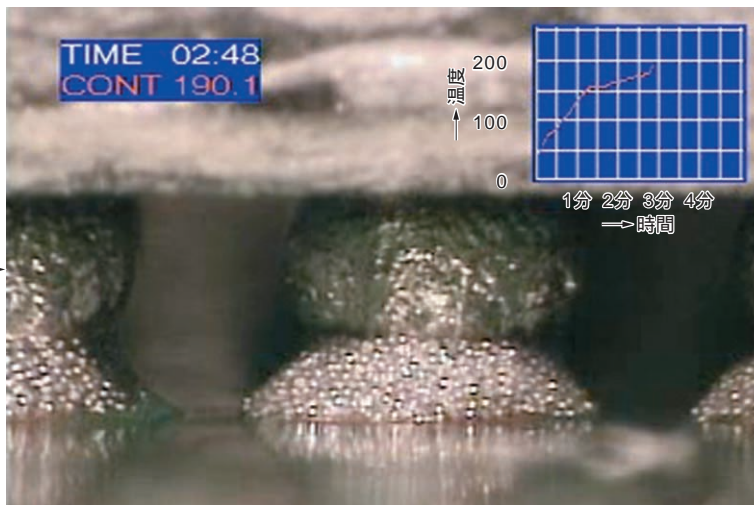
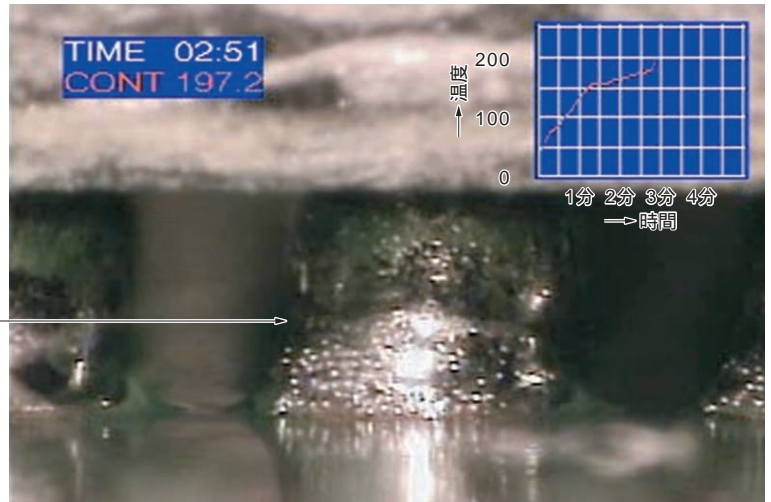
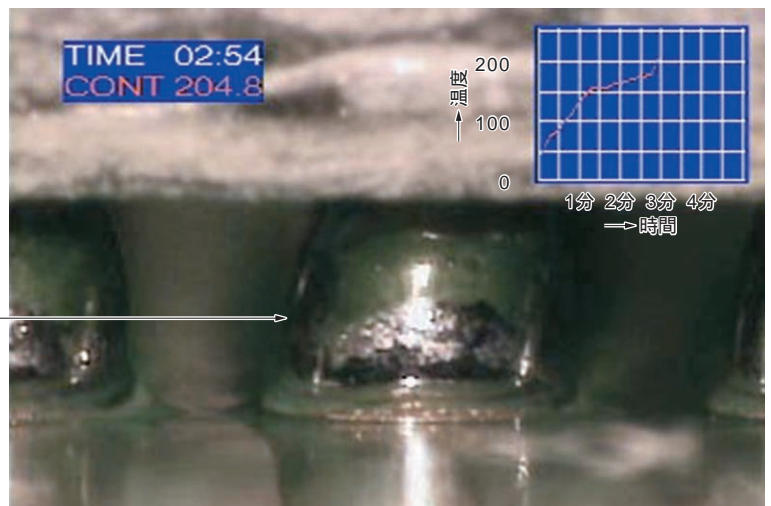
TIME 02:48
CONT 190.1

（b）加熱開始後 2分48秒経過

写真3　BGAパッケージ下部のはんだが溶ける過程

ソルダ・ペーストが溶け始め，BGAパッケージのはんだとソルダ・ペーストが融合を始める．まだ，ソルダ・ペーストのはんだ粒子は確認できる．

（**c**）加熱開始後 2分51秒経過

BGAパッケージのはんだとソルダ・ペーストがほぼ融合した状態．溶けたはんだの形状が柱状となり，BGAパッケージのはんだが，再び光沢を帯びている．

（**d**）加熱開始後 2分54秒経過

すべてのはんだが溶けると，BGAパッケージは自重で下方向に沈み，はんだの表面張力とのバランスが安定したところで，ギャップの位置を維持する．

（**e**）加熱開始後 2分57秒経過

0.4mmピッチ)が出てきて，多ピン化に対応するためにBGAが誕生しました．

QFPのリード端子下部のはんだが溶ける過程を拡大して撮影したのが写真4です．QFPにおいては，はんだが溶けると電極にはんだがぬれ上がっていきますが，電極の先端のフロント・フィレットよりも，バック・フィレットと呼ばれるパッケージ側リード裏面の湾曲した部分を，ぬれ上がっていきます．バック・フィレットのぬれ上がりは，はんだ量にもよりますが，多いときにはパッケージの根元までぬれ上がる場合もあります．この根本までぬれ上がる現象を「ウィッキング(wicking)現象」と呼んでいます(図3)．

3 写真で見る不良の種類とその発生過程

リフローはんだ付けの加熱工程では，さまざまなはんだ付け不良が発生します．製造現場や生産技術に携わる方たちは，不良を抑えるために考察とシミュレーションを繰り返しながら，実装基板ごとに最も適した条件を探していきます．

では，実際のはんだ付け不良には，どのようなものがあるのでしょうか．不良の一部ではありますが，はんだが溶けていく過程と合わせて，不良の発生を連続写真で紹介します．

図3　ウィッキング現象
リード端子の根本まではんだがぬれ上がる．

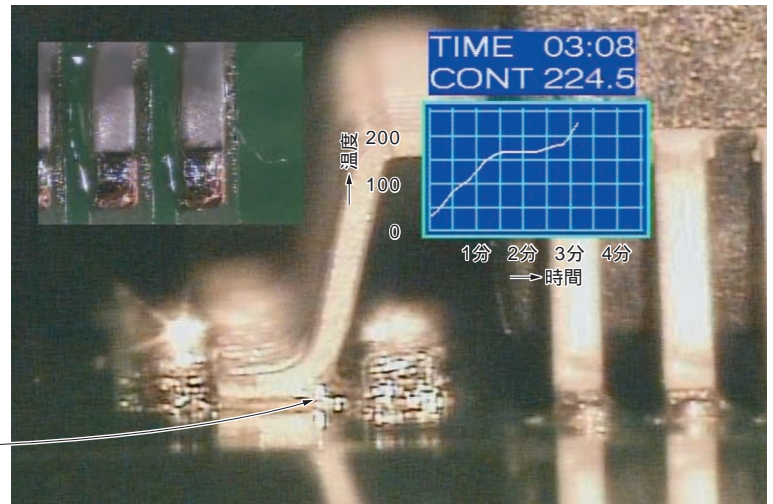
まだソルダ・ペーストが溶けていない．粒子状のはんだが確認できる．

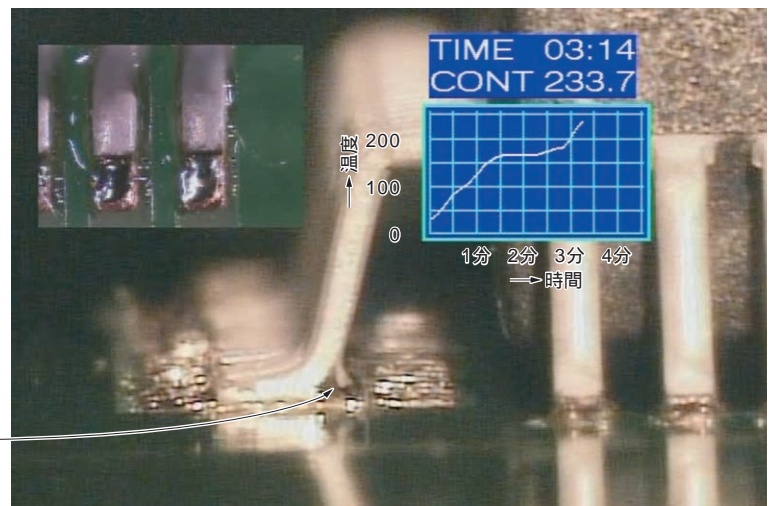
(a) 加熱開始後 2分55秒経過

ソルダ・ペーストが溶け始める．ソルダ・ペーストは溶け始めると流動しながら，徐々に光沢が出てくる．

(b) 加熱開始後 3分5秒経過

写真4　リード端子下部のはんだが溶ける過程

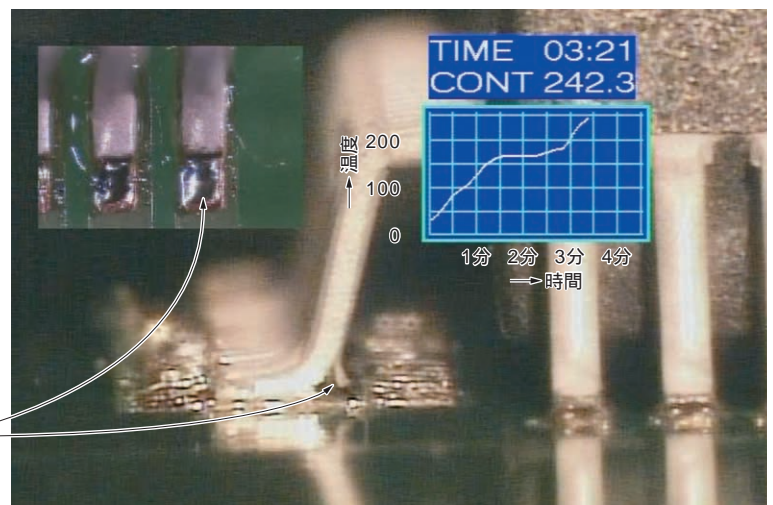
さらにソルダ・ペーストは溶け続け，QFPの電極に溶けたはんだが集まってくる．

（c）加熱開始後 3分8秒経過

すべてのソルダ・ペーストは溶け切り，はんだは鏡面状となり，光沢を帯びている．溶けたはんだがQFPの電極に集まり，電極の裏側をぬれ上がっていく．

（d）加熱開始後 3分14秒経過

はんだがぬれ上がり，ほぼ安定した状態．溶けたソルダ・ペーストは，ほとんどが電極に集まり，電極から離れたパッド面は，光沢を帯びたはんだが薄く残っている．

（e）加熱開始後 3分21秒経過

処 方 せ ん
（この処方せんは、どこの薬局でも有効です）

公費負担者番号		保険者番号	
公費負担医療の受給者番号		被保険者証・被保険者手帳の記号・番号	
氏名	性別	保険医療機関の所在地及び名称	東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック 内科
			03-5395-2126

1）チップ立ち

チップ立ちは，マンハッタン現象やツームストーン現象とも呼ばれ，チップ部品の片側の電極だけがはんだ付けされて，部品が立ち上がった状態をいいます．

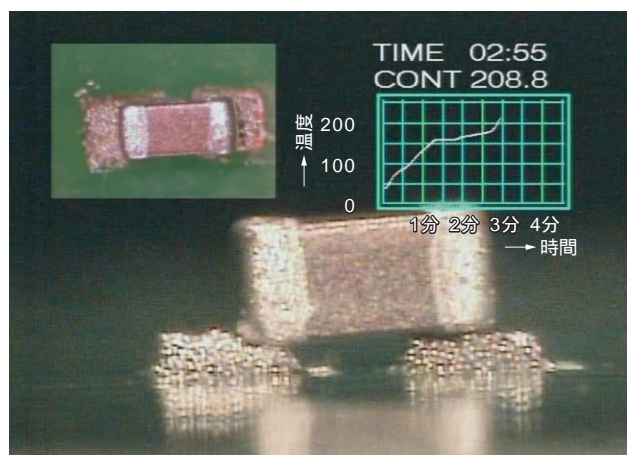
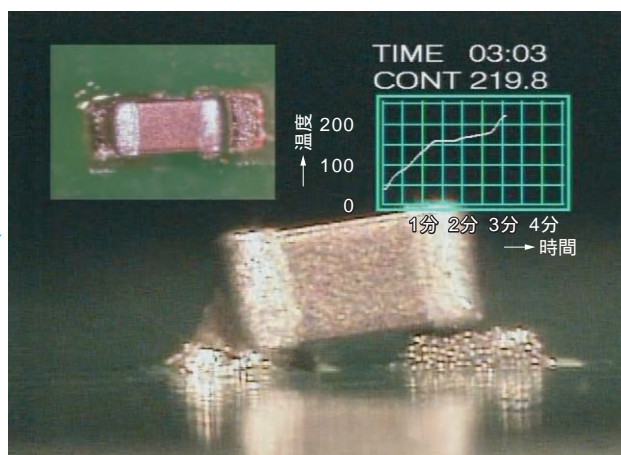
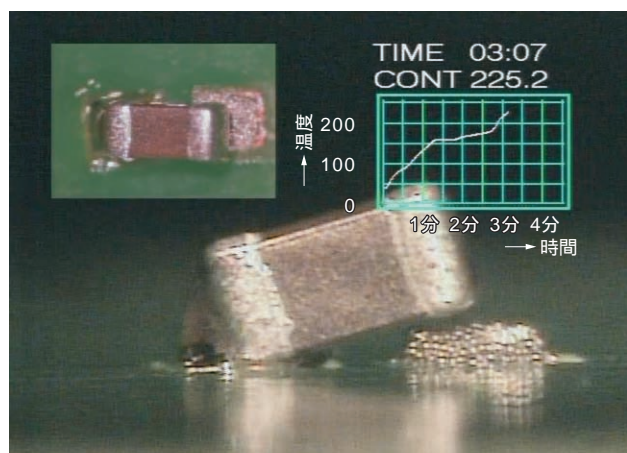
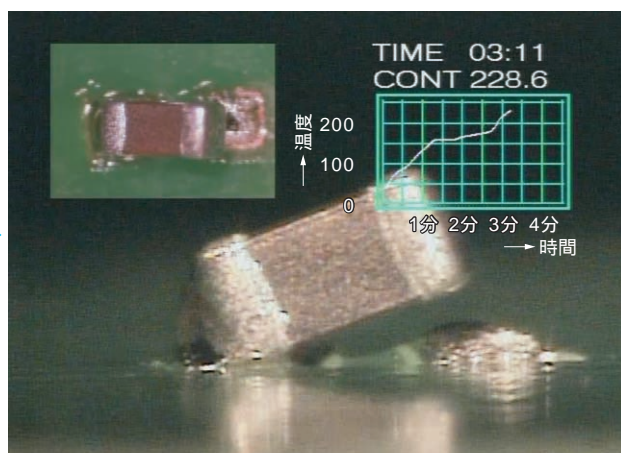
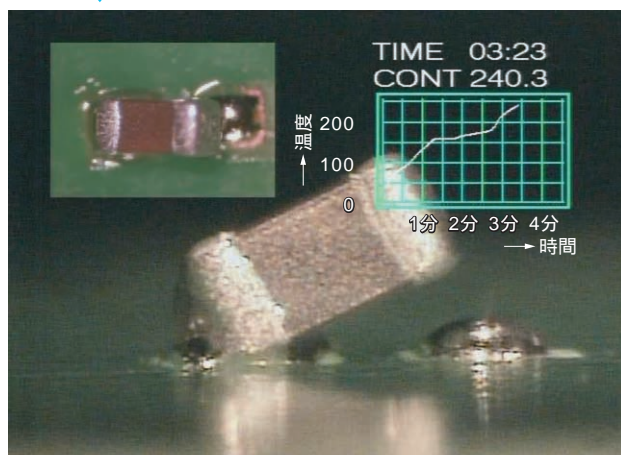
チップ立ちは，電極両端のぬれのアンバランスが原因で発生すると考えられます．はんだが片側の電極だけにぬれて，ぬれの張力により部品が持ち上げられ，反対の電極がはんだ付けできない状態となります．チップ部品は小型化

（a）加熱開始後 2分55秒経過

（b）加熱開始後 3分3秒経過

（c）加熱開始後 3分7秒経過

（d）加熱開始後 3分11秒経過

（e）加熱開始後 3分23秒経過

写真5
チップ立ちの生ずる過程

の傾向にありますが，小型になった分だけ部品重量も小さくなり，チップ立ちの不良が発生しやすい要因となっています．

写真5にチップ立ちの生ずる過程を示します．この例では，向かって左側のはんだが最初に溶けて，電極にはんだがぬれ上がり，ぬれる際の張力によって部品が片側に持ち上げられています．右側の電極に対して，はんだがぬれる前にチップ部品が持ち上がったため，片側の電極ははんだ付けができない状態となっています．

2）はんだボール

はんだボールは，リフロー加熱後，印刷したソルダ・ペーストの周囲に，はんだの粒が1個または複数個存在している状態を指します．はんだボールは，その大小や数にもよりますが，電極間の短絡や絶縁不良の原因となります．

写真6は，リフロー加熱中にチップ抵抗の下からはんだボールが出てきた例です．はんだボールは，はんだが溶けてぬれていく途中で，チップ抵抗がはんだのぬれ力と自重により下がっていく際に押し出されるように発生しました．

はんだボールはこのほかに，パッドの周囲にリフロー加熱によってはんだがはじけて飛んでできる例もあります．この場合は比較的小さなはんだボールとなりますが，複数のはんだボールが生じるケースが多いです．

3）ブリッジ

QFPなどのように電極が隣り合っている際に，電極同士

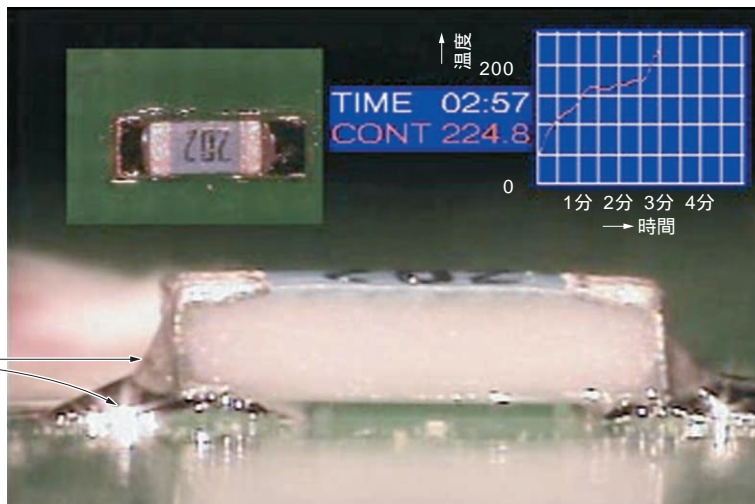
（a）加熱開始後 2分50秒経過

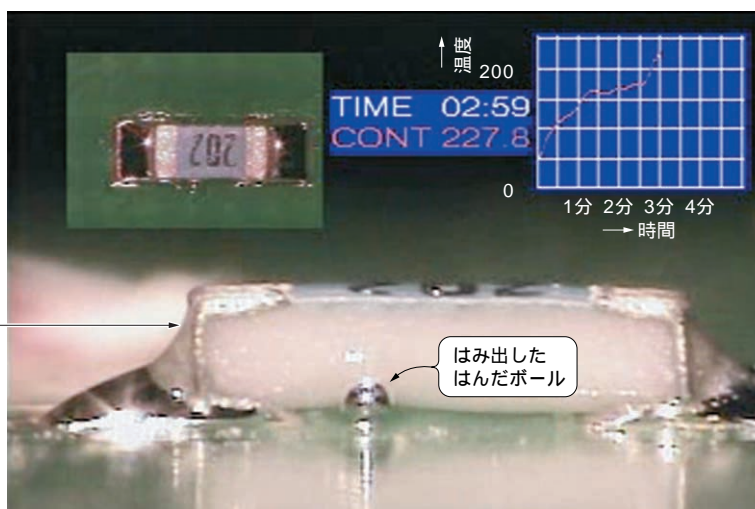
（b）加熱開始後 2分56秒経過

写真6　はんだボールの生ずる過程

処方せん
（この処方せんは、どこの薬局でも有効です）

公費負担者番号		保険者番号	
公費負担医療の受給者番号		被保険者証・被保険者手帳の記号・番号	
氏名	性別	保険医療機関の所在地及び名称	東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック　内科
			03-5395-2126

ソルダ・ペーストはほぼ溶け切り，チップ抵抗の両端の電極に溶けたはんだがぬれ上がり始めている．はんだは，鏡面状態の光沢を帯びている．

（**c**）加熱開始後 2分57秒経過

溶けたはんだは，チップ抵抗の電極をぬれ上がり，それとともにチップ抵抗が自重とぬれによる力によって沈んでいく．チップ抵抗の下から，余剰と思われるはんだがはみ出て，はんだボールとなる．

（**d**）加熱開始後 2分59秒経過

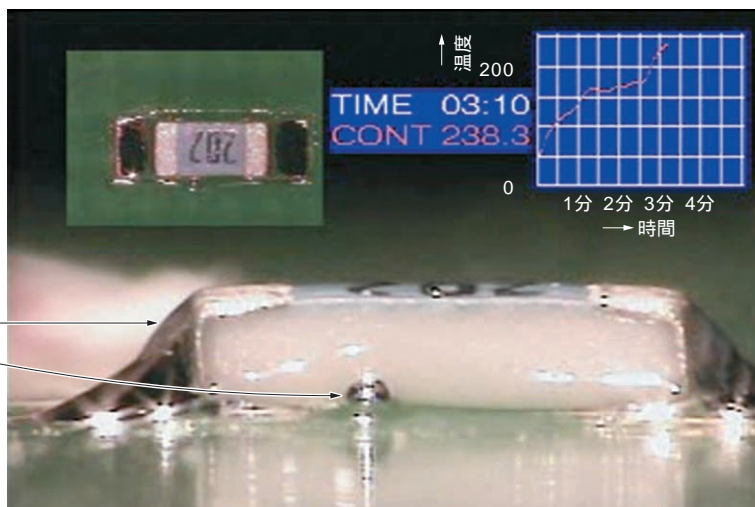
チップ抵抗の電極にはんだがぬれ上がって安定している．はんだボールもはみ出した位置で安定している．

（**e**）加熱開始後 3分10秒経過

写真6　はんだボールの生ずる過程（つづき）

がはんだによって短絡している状態をブリッジと言います．部品の狭ピッチ化により，はんだによるブリッジが起こりやすくなり，はんだの印刷量やパッド形状などの工夫による対策を必要としてきました．

写真7は，はんだが溶ける過程でQFPのリード端子間がブリッジする様子を示しています．はんだが溶ける前は，ほかのリード端子とあまり差が見られませんが，溶け始めるとリード端子間のはんだが寄り添うようにくっつき，そのはんだがくっついたままリード端子の立ち上がり部に集まっている様子が見られます．

4）セルフ・アライメント

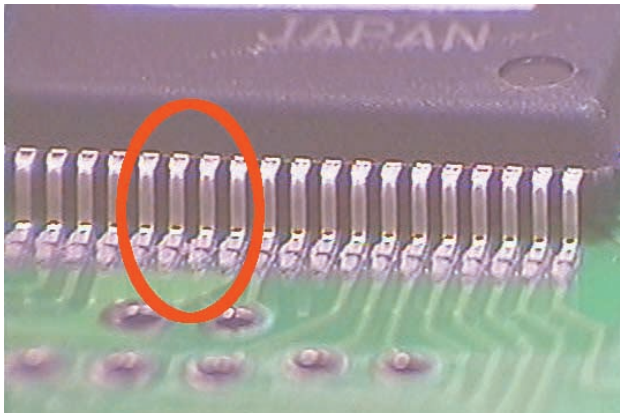
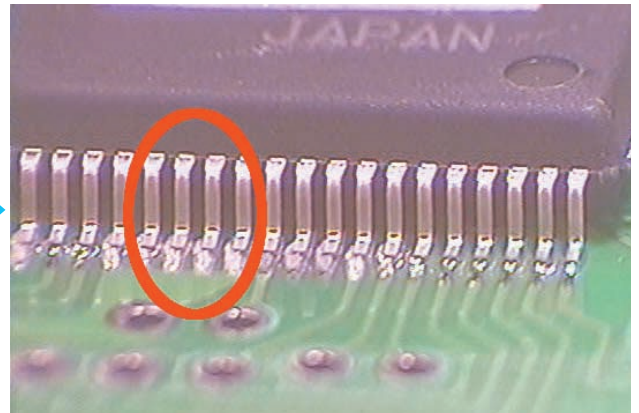
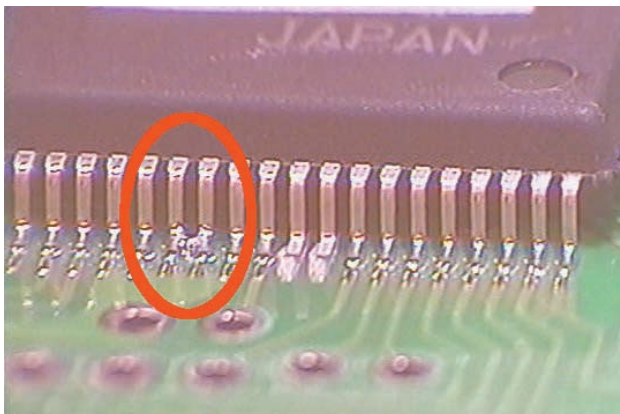
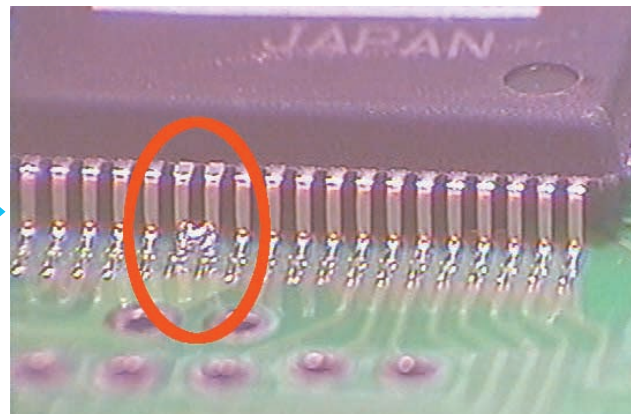
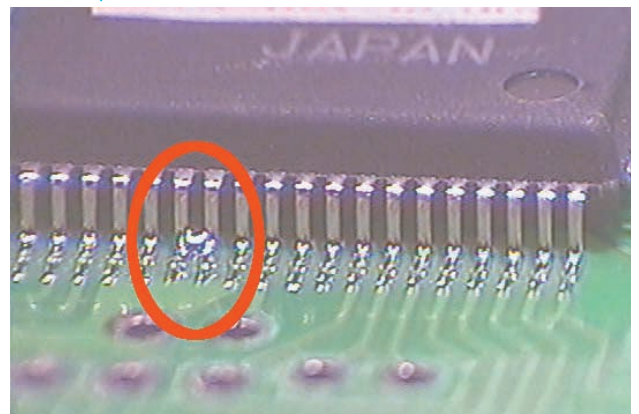
セルフ・アライメントは，不良ではありません．これは，

（**a**）ブリッジ前1

（**b**）ブリッジ前2

（**c**）ブリッジ後1

（**d**）ブリッジ後2

（**e**）ブリッジ後3

写真7
はんだが溶ける過程でQFPパッケージのリード端子間がブリッジする様子

処 方 せ ん
（この処方せんは，どこの薬局でも有効です）

公費負担者番号
公費負担医療の受給者番号
氏名
保険者番号
被保険者証・被保険者手帳の記号・番号
性別
保険医療機関の所在地及び名称 東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック 内科
03-5395-2126

リフロー加熱中にチップ部品などで起きる現象の一つで，はんだが溶けてぬれる過程で部品が動く現象です．**写真8**は，0603サイズのチップ・コンデンサをリフロー加熱する過程で起きた現象です．**写真8(a)**～**(e)**の状態を見るとよく分かるように，はんだが溶けてぬれていく際にチップ・コンデンサは反時計回りに回転して，パッドに対してずれていた位置を修復するように正しい位置にはんだ付けされました．

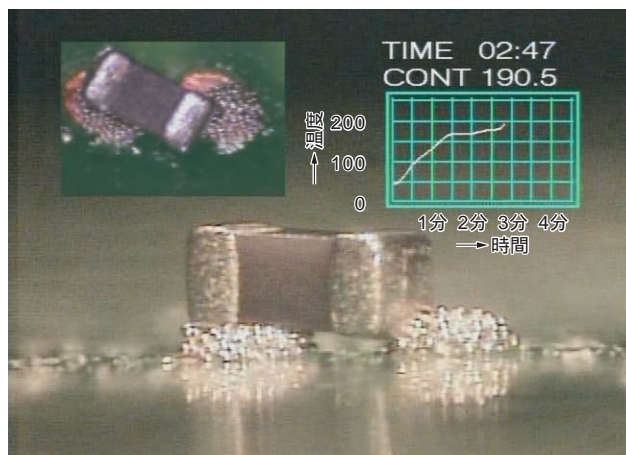
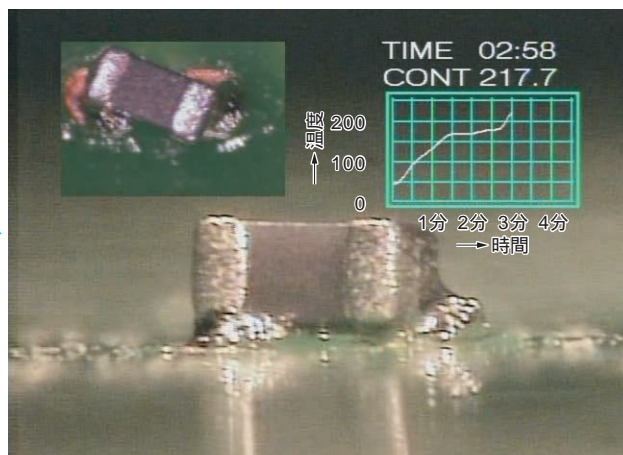
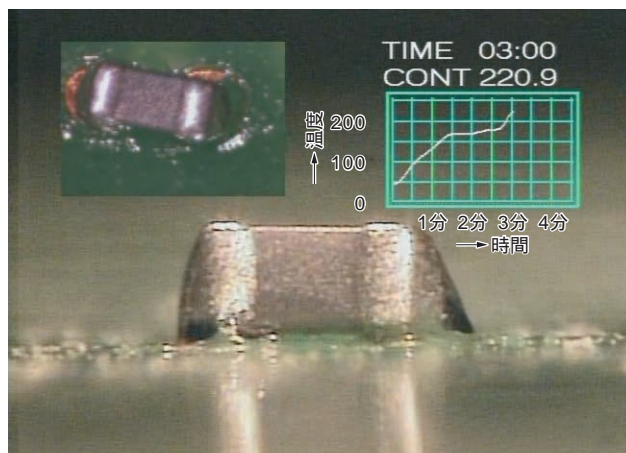
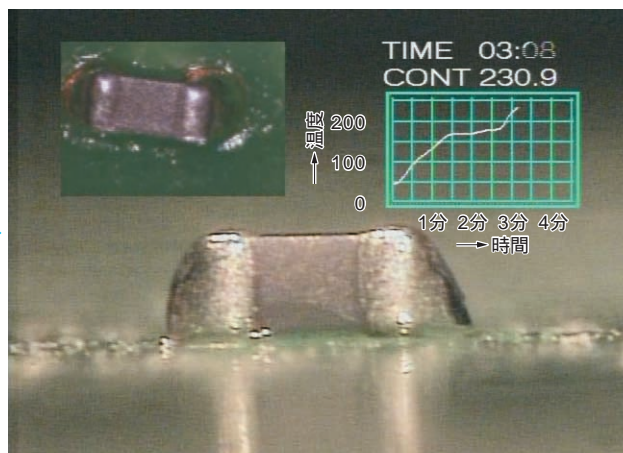
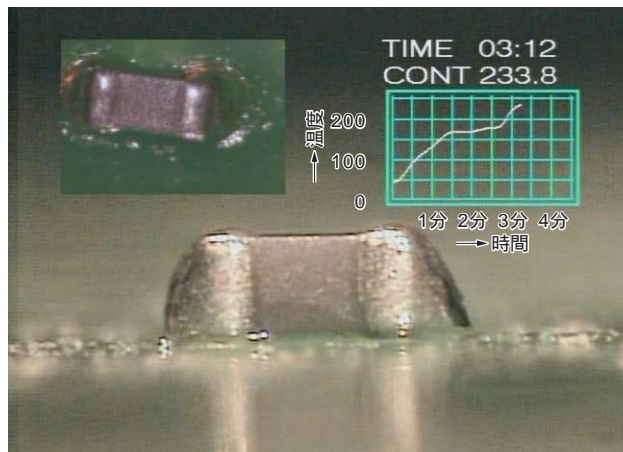
セルフ・アライメントは，はんだの表面張力により部品

(**a**) リフロー開始後 2分47秒（チップはパッドに対して斜めに置かれている）

(**b**) リフロー開始後 2分58秒

(**c**) リフロー開始後 3分

(**d**) リフロー開始後 3分8秒

(**e**) リフロー開始後 3分12秒

写真8
セルフ・アライメント
0603サイズのチップ・コンデンサをリフロー加熱する過程で起きた現象．

をはんだの側(通常はパッドの側)へ引き寄せます．このセルフ・アライメント現象によって部品は正しい位置へ引き寄せられていきます．この効果は，部品の重量やソルダ・ペーストに大きく依存します．

4 リフロー炉におけるはんだ不良を防ぐには

これまで，はんだ付け工程における不良をいくつか紹介しました．ここでは，これらの不良の対策について考えます．前述した不良の発生原因は多岐に渡り，これから述べる対策内容がすべてではありません．しかし，以下で紹介する対策が不良低減の一助となれば，こんなにうれしいことはありません．

1）チップ立ち

チップ立ちは，温度のアンバランスにより両電極が均一にぬれなかったときや，急激なぬれ力による片電極の引っ張りが生じたときに発生すると考えられます．その原因としては，

- リフロー温度プロファイルが不均衡(図4)
- リフローこう配が急である(図5)
- はんだ組成が共晶に近い(表1)
- フラックスの活性度が高い(図6)
- N_2雰囲気での使用(図7)
- 両パッドのはんだ量の違い(図8)
- パッド形状およびはんだの印刷形状(図9)

図4
リフロー温度プロファイルが不均衡
左右のパッド上の温度が違う．

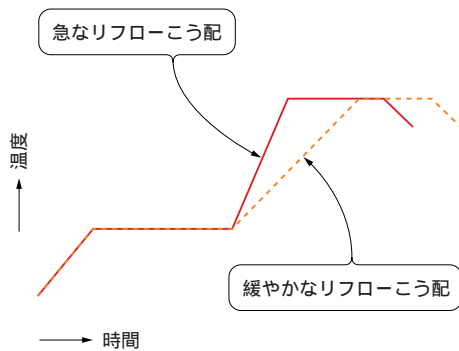



図5 リフローこう配が急である
急に温まると左右のパッドの温度が不均一になりやすい．

表1
はんだ組成が共晶に近い

はんだ組成	固相線	液相線	差
Sn37Pb	183 ℃	183 ℃	0 ℃
Sn3.0Ag0.5Cu	217 ℃	220 ℃	3 ℃
Sn8.0Zn3.0Bi	190 ℃	197 ℃	7 ℃

共晶

注)固相線と液相線の温度が等しいときを共晶という

汚れ
フラックス
活性度弱
活性度強

(a) 活性度が高いと酸化被膜の除去能力が高くなる

(b) 酸化被膜の除去により，ぬれ速度が助長されチップ立ちの一因となる

図6 フラックスの活性度が高い
はんだのぬれ速度が速くなる．

(a) Air (b) N_2

図7 N_2雰囲気での使用
N_2雰囲気中では電極へ酸化被膜が生成しにくく，ぬれ速度が助長され，チップ立ちの一因となる．

(a) 加熱前 (b) 加熱後

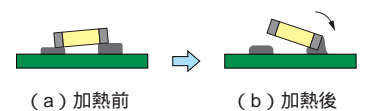



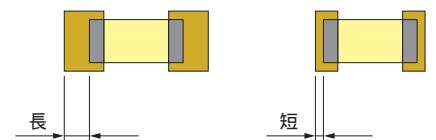
図8 両パッドのはんだ量の違い
はんだの量の違いがぬれ速度のバランスを崩す．

(a) パッドが余分に長い (b) ちょうど良い

図9 パッド形状およびはんだの印刷形状
パッドが余分に長いと温まりにくい．

処方せん
(この処方せんは、どこの薬局でも有効です)
公費負担者番号
公費負担医療の受給者番号
保険者番号
被保険者証・被保険者手帳の記号・番号
保険医療機関の所在地及び名称 東京都豊島区巣鴨1-14-2 CQクリニック 内科
03-5395-2126
氏名
性別

●付近に熱容量の大きい別のパッドがある(**図10**)
●部品が軽い(**図11**)
などが考えられます．対策としては，
●温度プロファイルは，基板上の温度が均一になるよう温度こう配を急激に変化させない
●ソルダ・ペーストの印刷は，両電極均等にする
●パターン設計は，電極幅よりパッドをあまりはみ出さないようにし，近くにべたグラウンドなど熱容量の大きいパターンを持ってこない
などがあります．

2) はんだボール

はんだボールの発生には，いくつかのパターンがあります．一つは**写真6**で示したように，チップ部品のランドからはみ出たはんだが，チップ部品の側面から押し出されて，はんだボールとなるケースです．この場合，はんだボールは大きめになります．

もう一つは，印刷したソルダ・ペーストが，リフロー加熱中に何らかの要因で突沸[注1]を起こし，周辺にはんだボールを作るケースです．はんだボールが生ずる主な原因は，
●ソルダ・ペーストの選択ミス
●はんだの酸化などによる劣化(**図12**)
●はんだの印刷ずれ(**図13**)
●メタル・マスクの汚れ(**図14**)
などが考えられます．対策としては，
●ソルダ・ペーストの選定
●パターン設計を含めた印刷の妥当性確認
●印刷マスクの適度な清掃
などがあります．

3) ブリッジ

ブリッジは，主にQFPやSOPのようなリード端子のパッケージで発生します．BGAやCSPのような端子が面配列のパッケージでも発生することがあります．ブリッジの主な原因は，
●はんだの印刷ずれ(**図15**)
●印刷量過多(**図16**)
●パッドの寸法不良(**図17**)
●はんだのだれ(**図18**)
などが考えられます．対策としては，ソルダ・ペーストの印刷を適正化します．具体的には，印刷マスクの位置合わせや基板面とのクリアランスの適正化，設計時のパッド・サイズの適正化，印刷厚の適正化が挙げられます．

＊　＊　＊

それぞれの対策を施す際には，「適切な度合い」というものがあります．例えば，チップ立ちを防止するために，

注1：沸騰が緩やかに起きず，ある限界を超えたとき一気にエネルギーを発散する現象．

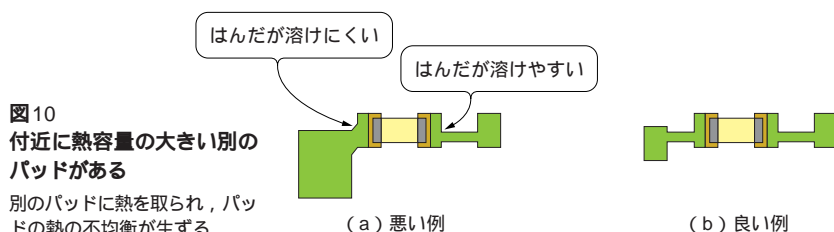



図10 付近に熱容量の大きい別のパッドがある
別のパッドに熱を取られ，パッドの熱の不均衡が生ずる．

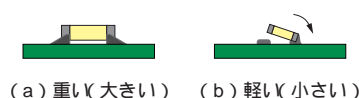



図11 部品が軽い
部品が軽ければ，左右のわずかな違いでもぬれ具合が変わる．

図12 はんだの酸化などによる劣化
はんだの粒子またはフラックスが酸化しているとはんだボールができやすい．

図13 はんだの印刷ずれ例1
パッドからはみ出た部分がはんだボールになりやすい．

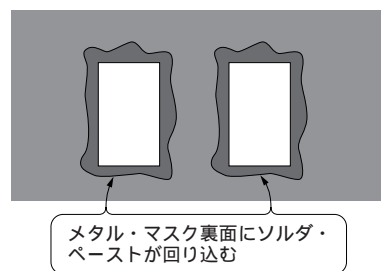



図14 メタル・マスクの汚れ
メタル・マスク裏面にソルダ・ペーストが回り込み，意図しないところへはんだをぬってしまう．

パッドを電極に対して内側に設計することとします．その際，極端に内側に設計すると，はんだのぬれ上がりがなくなり，はんだ不良となるケースも考えられます．また，ブリッジの対策として，はんだ量を少なめに設計すればブリッジの不良を減らせますが，未はんだの不良が発生することが考えられます．

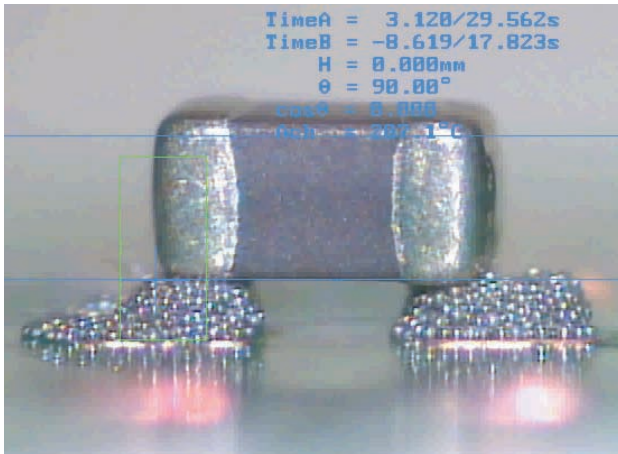
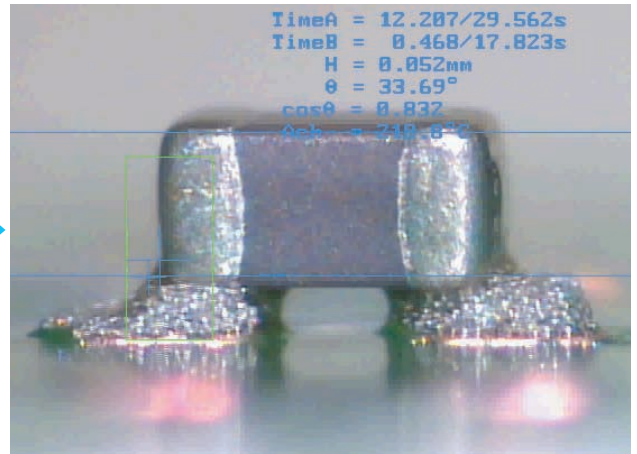
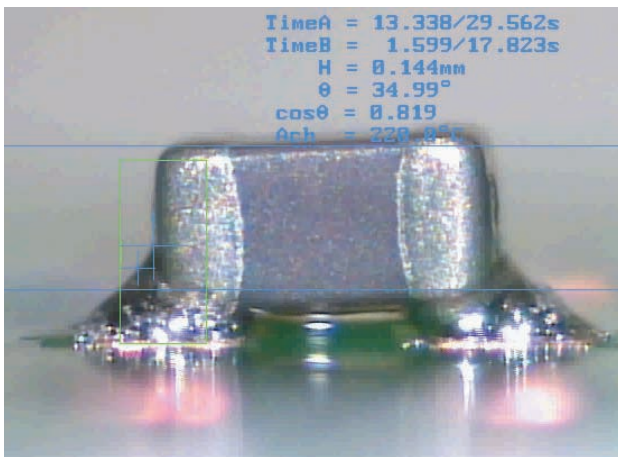
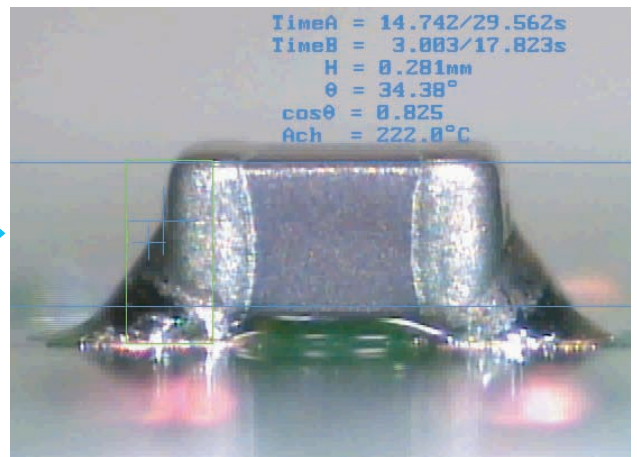
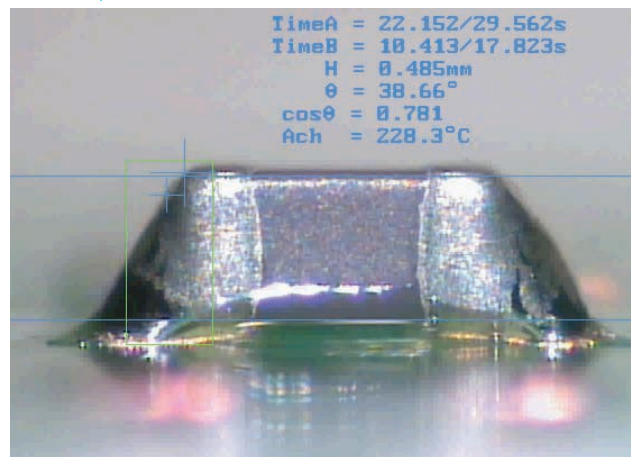
はんだ付け不良の対策は，既にいろいろな所で報告されていますが，実際に使う基板で実験を行いながら適度な条件を

（a）炉内温度 207.1 ℃

（b）炉内温度 218.8 ℃

（c）炉内温度 220 ℃

（d）炉内温度 222 ℃

（e）炉内温度 228.3 ℃

写真9
1005 サイズのチップ・コンデンサのはんだのぬれる過程をフィレット解析装置で取り込んだ例
はんだのぬれ高さ，フィレットの角度などが分かる．

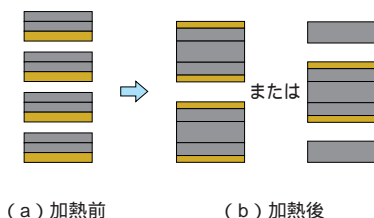



図15　はんだの印刷ずれ例2
印刷ずれのため，はんだが溶けたとき，隣のパッドとショートする．

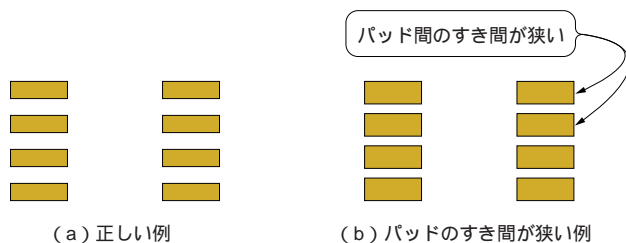



図16　印刷量過多

図17　パッドの寸法不良
パッドのクリアランスが不足しており，はんだが溶けたときショートしやすい．

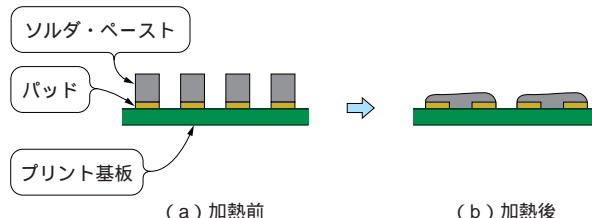
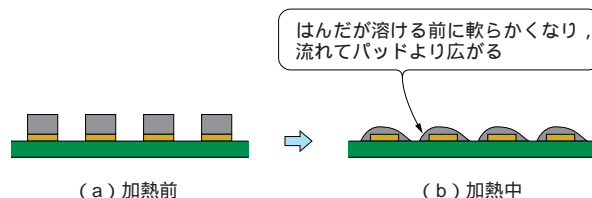



図18　はんだのだれ
はんだが溶ける前に軟らかくなり，流れてパッドよりも広がる．

見つける必要があります．しかし，生産ラインで使われているリフロー炉を実験に使用することは難しいため，前述したリフロー・シミュレータを用いて手軽に条件変更を行いながら，最適条件を見つけるほうが効率が良いでしょう．

リフロー・シミュレータでは，不良の過程を実際に見ることができます．そこには，リフロー後の結果だけではなく，過程を見ることでしか得られない情報があります．

そのほかに，リフロー・シミュレータにカメラを設置して，画像処理装置に動画を取り込み解析を行う装置があります．フィレット解析装置と呼ばれる装置で，1秒間に30枚の画像を動画として取り込み，取り込んだ画像の1枚1枚に画像解析を行い，その結果を画像上に書き込んでいきます．解析結果は，はんだのぬれ高さとフィレットの角度を時間とともに表示します．また，その結果を時系列でグラフとして表示します．フィレット解析装置で処理した結果を**写真9**に示します．写真は，1005サイズのチップ・コンデンサのはんだのぬれる過程を解析したものです．

いなげ・つよし
(株)マルコム

<筆者プロフィール>

稲毛 剛．実装関係の計測・管理機器および評価機器の開発，製造，販売を行っている会社にて，主に開発関係に従事している．はんだ付け性の評価機器の評価や実験を特に行っている．最近では，画像処理を応用した「はんだフィレット解析装置」を担当．また，社内の品質管理も担当しており，自社製品の品質管理やお客様からの品質に対する質問への応対も行っている．